

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки «Оптотехника»
Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Особенности деструкции пигментов светлых тонов при помощи лазерного излучения

УДК 612.015.4:615.849.19

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Кузнецов Михаил		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Разин А.В.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Калмыкова Е.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко О.Б.	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
«Оптотехника»	Полисадова Е.Ф.	д.ф.-м.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Применять глубокие естественнонаучные, математические, гуманитарные, общепрофессиональные знания в области оплотехники
Р2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области световой, оптической и лазерной техники, оптического и светотехнического материаловедения и оптических и светотехнических технологий
Р3	Применять полученные знания для решения задач, возникающих при эксплуатации новой техники и технологий оплотехники
Р4	Владеть методами и компьютерными системами проектирования и исследования световой, оптической и лазерной техники, оптических и светотехнических материалов и технологий
Р5	Владеть методами проведения фотометрических и оптических измерений и исследований, включая применение готовых методик, технических средств и обработку полученных результатов
Р6	Владеть общими правилами и методами наладки, настройки и эксплуатации оптической, световой и лазерной техники для решения различных задач
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р7	Проявлять творческий подход при решении конкретных научных, технологических и опытно-конструкторских задач в области оплотехники
Р8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности
Р9	Уметь эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
Р10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам научной, педагогической и производственной деятельности
Р11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 12.03.02 «Оптотехника»
Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) Полисадова Е.Ф.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Кузнецов Михаил

Тема работы:

«Особенности деструкции пигментов светлых тонов при помощи лазерного излучения»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 917/с от 12.02.2018г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2018г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Окись титана стойкий светлый пигмент, применяемый как для изготовления красок (титановые белила) так и при нанесении татуировок. Обратный процесс по удалению татуировок представляет собой достаточно сложную задачу. Одним из вариантов её решения является деструкция пигмента с помощью лазерного излучения, которая осложняется значительной отражающей способностью пигмента и поглощением в живой ткани.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой</i></p>	<p>Взаимодействие пигментов в матрице с лазерным излучением, особенности взаимодействия с лазерным излучением светлых пигментов. Следствие деструкции пигментов и условия, при</p>

науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	которых такая деструкция может происходить. Влияние деструкции на окружающую матрицу, возможность реализации процесса с пигментом, введенным в живую биологическую ткань
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Калмыкова Екатерина Юрьевна
Социальная ответственность	Назаренко Ольга Брониславовна
Раздел ВКР на иностранном языке	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Разин Алексей Валерьевич	к.ф.-М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Кузнецов Михаил		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Кузнецов Михаил

Институт	ИШНПТ	Кафедра	Материаловедения
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	«Оптехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Рабочая зона: учебная аудитория ТПУ корпус 2, аудитория 032;</i></p> <p><i>Характеристика рабочей зоны:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Размеры: длина - 4м, ширина – 4,5м</i> - <i>высота – 2,5м;</i> - <i>Освещение создается люминесцентными лампами;</i> - <i>Оснащена системой противопожарной безопасности и огнетушителем.</i>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого</p>	<p><i>Вредные факторы рабочей зоны:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Отклонение показателей микроклимата в помещении;</i> - <i>Повышенный уровень шума на рабочем месте;</i> - <i>Недостаточная освещенность рабочей зоны;</i> - <i>Нервно-психические перегрузки.</i> <p><i>Опасный фактор рабочего места инженера-проектировщика:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Электробезопасность;</i> - <i>Пожаровзрывобезопасность;</i>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p><i>Во время работы над ВКР негативного воздействия на окружающую среду оказано не было.</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p><i>Пожар - наиболее типичная чрезвычайная ситуация для учебного</i></p>

	<i>корпуса является. Основные мероприятия, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества при пожаре.</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<i>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны:</i> - Организация моторного поля; - Оптимальное размещение предметов труда и документации; - Подбор мебели для рабочего места для выполнения работ сидя.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Проф. каф. ЭБЖ	Назаренко О.Б.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Кузнецов Михаил		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Кузнецов Михаил

Инженерная школа	Новых производственных технологий	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.03.02 «Опготехника»»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материальные затраты: 2338 руб. Затраты на амортизацию оборудования: 3329 руб. Заработная плата: 58351 руб. Общий бюджет затрат НИИ: 86359 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»; Минимальный размер оплаты труда в 2018 году составляет 9750
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы -Потенциальные потребители результатов исследования;
2. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, и организация закупок	- Планирование научно-исследовательского исследования (цели и результат исследования, перечень работ, определение трудоемкости работ, построение графика работ) - Смета затрат на исследование
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта	-Анализ и оценка научно-технического уровня проекта;

Перечень графического материала:

1. График проведения и смета затрат

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Калмыкова Екатерина Юрьевна	Кандидат эконом. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Кузнецов Михаил		

Оглавление

Реферат	10
Введение.....	13
Глава 1 Физические основы лазерного воздействия	15
1.1 Законы электромагнитного излучения	16
1.2 Свойства лазерного излучения	16
1.3 Основные режимы лазерного излучения	18
Глава 2 Взаимодействие лазерного излучения с биотканями	20
2.1 Реакция ткани на лазерное воздействие.....	21
Глава 3 Тканевые хромофоры	23
3.1 Селективный фототермолиз	26
Глава 4 Деструкция TiO₂ излучением Nd:AG-лазера	
4.1 Nd:AG-лазера	27
4.2 Образец белого пигмента TiO ₂	29
Глава 5 Эксперимент деструкции пигмента	
5.1 Облучение TiO ₂ неодимовым лазером	30
5.2 Структурный анализ образцов.....	37
5.3 Вывод эксперимента	39
6 Социальная ответственность	40
6.1 Производственная безопасность	41
6.1.2 Анализ выявленных факторов проектируемой среды.....	41
6.1.3 Расчет освещения	46
6.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	46
6.3 Экологическая безопасность	47
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	49
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	50
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
.....	53
7.1. Потенциальные потребители результатов проекта	53

7.2. Планирование научно- исследовательских работ	54
7.3. Структура и порядок работ научного исследования	54
7.4. Определение трудоемкости работ	55
7.5. Смета научно- технического исследования	57
7.5.1. Расчет материальных затрат НТИ	57
7.5.2. Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментов	58
7.5.3. Основная заработная плата исполнителей темы	59
7.5.4. Страховые отчисления во внебюджетные фонды	61
7.5.5. Накладные расходы	61
7.5.6. Смета затрат научно- исследовательского проекта	61
Заключение	63
Список используемых источников	65

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 66 листов, 26 рисунка, 12 таблиц, 26 источников, 0 приложения.

Ключевые слова: биоткань, пигмент, лазер, деструкция, тканевые хромофоры.

Объектом исследования является: хромофор TiO_2 .

Предметом исследования является: деструкция TiO_2 пигмента при воздействии лазерного излучения.

Цель исследования: изучение особенностей разрушения пигментов ненасыщенных светлых тонов при помощи лазерного излучения. В частности, изучение процессов, происходящих при многократном облучении излучением Nd:YAG-лазера.

Задачи:

1. Изучить биологические процессы, происходящие при взаимодействии лазерного излучения с биотканью.
2. Выявить спектр поглощения основных хромофоров биоткани человека.
3. Определить диапазон длин волн, который может воздействовать на белый пигмент (TiO_2)
4. Подобрать тип лазера, который при воздействии на белый пигмент будет поглощаться. Выбрать режим работы лазера.
5. Обосновать выбор TiO_2 как светлый пигмент.
6. Сделать вывод из поставленного эксперимента над TiO_2 .
7. Вывод по проделанной работе.

Метод проведения работы: проводился литературный обзор воздействия лазерного излучения на человека в медицинских целях, а также его влияния на основные и внедренные хромофоры кожи; был сделан вывод из эксперимента с пигментом TiO_2 ; изучен структурно-фазовый состав образца; предложены дальнейшие эксперименты по изучению деструкции светлых тонов; проанализирован потенциал работы с точки зрения экономики, проведен анализ соблюдения техники безопасности и мер предосторожности в лаборатории.

В результате исследования был произведен анализ экспериментальных данных. Впоследствии чего был предложен принцип деструкции белого пигмента и предложены дальнейшие эксперименты в нахождении оптимальных режимов лазеров для деструкции пигмента в биоткани.

Степень внедрения: данная методика может найти практическое применение в качестве деструкции светлых тонов пигмента кожи, а также принципа восстановления и стимуляции меланина. Применяемая в таких отраслях как медицина и косметология.

Экономическая эффективность/значимость работы: данная работа служит фундаментом для создания метода деструкции светлых пигментов лазерным излучением в наносекундном режиме.

Определения

В выпускной квалификационной работе используются следующая терминология:

Лазерное излучение – вынужденное испускание атомами вещества квантов электромагнитного излучения.

Деструкция – разрушение клеток и тканей в ходе жизнедеятельности организма.

Тканевые хромофоры – группы атомов, обуславливающие цвет химического соединения.

Обозначения и сокращения

ЛТ – лазерная терапия, лазерные технологии;

Nd:YAG – неодимовый лазер;

ИК – инфракрасный;

УФ – ультрафиолетовый.

Введение

Актуальность. На сегодняшний день нет определенной и точной методики деструкции светлого пигмента в биоткани человека. Что несет эстетический социальный дискомфорт.

В связи с развитием лазерных технологий в эстетической медицине есть возможность, удалять привнесенный и естественный пигмент, воздействуя на него селективным лазерным излучением. Воздействуя на мишень той длины волны, которую он поглощает, происходит термохимическое воздействие на пигмент, что способствует его разрушению. Но проблема остается, так как белый цвет отражает любое видимое излучение. А это значит, что воздействовать на пигмент светлых тонов потенциально можно инфракрасным или ультрафиолетовым диапазоном.

Понятие «лазер» - это аббревиатура от английского языка «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation», что в переводе гласит как «усиление света посредством вынужденного излучения». Начало эпохи лазерной медицины положило начало более пятидесяти лет назад, когда в 1960 г., Теодор Гарольд Мэйман впервые изобрел рубиновый лазер, за что был удостоен Нобелевской премии.

В 1964 году впервые был опробован аргоновый ионный лазер, после чего последовало создание лазерных систем на основе данного лазера, которые широко применялись в лечении сетчатки глаза. В лаборатории корпорации BELL того же года был разработан лазер на алюмоиттриевом гранате, легированным неодимом (Nd:YAG) и углекислотный лазер (CO₂). Что открыло путь в лазерной хирургии. CO₂ лазер получил широкое применение в медицине как «скальпель» в 70х годах. Первым годом

разработки импульсного лазера на красителях стал 1969, а в 1975 г. появился первый эксимерный лазер.

Более распространённые, на то время, были углекислотные и аргоновые лазеры, которые применялись в офтальмологии и хирургии. Но на тот момент успешное применение лазерных технологий требовало огромного опыта работы, так как недостатком данных лазеров служило непрерывное излучение, что для точных операций было невозможно, а самое главное приводило к тепловым поражениям тканей.

Разработка импульсного лазера послужила дальнейшему развитию лазерных технологий в медицине. Импульсный режим позволял воздействовать лазерным излучением исключительно на проблемную зону обходя стороной образования рубцов окружающих тканей. В 80-х появились первые импульсные лазеры на красителях, что положило начало применению лазерных технологий в косметологии и эффективному удалению внесенного пигмента (тату). Еще в 1963 г., Goldman предложил удаление тату пигмента при помощи Rb лазера в режиме свободной генерации и непрерывные Ar и CO₂ лазеры, но ранние эксперименты игнорировали режим модулированной добротности. Современные лазерные технологии дают возможность селективно воздействовать на пигмент с минимальным риском рубцевания ткани.

Ar лазер (длина волны генерации 488/514 нм) использовался для обработки доброкачественной гемангиомы. Но при воздействии лазерного излучения побочным явлением была высокая скорость формирования гипертрофических рубцов.

CO₂ лазер испаряет ткани и разрушает эпидермальные и дермальные аномалии. Так же сопровождается высокой скоростью гипертрофического рубцевания и пигментации кожи, что приводило к обугливанию кожи.

Через кожное проникновение лазерного излучения и воздействие на определенный хромофор может быть более эффективно достигнуто при определенных длинах волн. То есть, воздействуя лазерным излучением

определенной длины волны, которую поглощает хромофор, энергия поступает только на данную мишень, не вызывая термохимических реакций других хромофоров, а именно гипертрофического рубцевания.

Глава 1. Физические основы лазерного воздействия

Для эффективного и осознанного применения лазерной терапии следует понимать процессы, происходящие при взаимодействии лазерного излучения с тканями.

Вводные определения

Волна – возбуждение (среда или поле подвергаются изменению), которое распространяется с конечной скоростью в пространстве.

$$I = I \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Где: I – амплитуда волны, $\omega = 2\pi\nu$ – циклическая частота колебаний, t – время, φ_0 – начальная фаза колебаний

Параметры волны:

Частота (ν) – физическая величина, где за единицу времени совершается определенное число колебаний. Единица измерения в системе СИ – Герц [Гц], [1/с].

Период (T) – расстояние между двумя близкими точками волны одной амплитуды, которые колеблются в одной фазе. Данная величина обратно пропорциональна частоте. В системе СИ – секунда [с].

Длина волны (λ) – это расстояние распространения волны за один период колебания ($\lambda = c/\nu$). В системе СИ – метр[м], микрометр[мкм] – 10^{-6} метра, нанометр[нм] – 10^{-9} метра.

Фаза колебаний (φ) – аргумент функции, который описывает гармонические колебания, а именно состояние процесса в определенный момент времени. $\varphi = \omega t + \varphi_0$.

1.1 Законы электромагнитного излучения.

Электромагнитная волна – это переменное электромагнитное поле, где напряженность электромагнитного поля периодически меняется.

Электромагнитное излучение – в оптическом диапазоне составляет от 0,1 до 30 мкм.

Оптический спектр – это разделение по интенсивности частот оптического излучения.

Таблица 1. Подразделения оптического спектра.

Ультрафиолетовый	Коротковолновый – 180-275 нм Средневолновый – 275-320 нм Длинноволновый – 320-400 нм
Фиолетовый	400-450 нм
Синий	450-480 нм
Голубой	480-510 нм
Зеленый	510-575 нм
Желтый	575-585 нм
Оранжевый	585-620 нм
Красный	620-760 нм
Инфракрасный	Ближний ИК – 760 нм-15 мкм Дальний ИК – 15-30 мкм

1.2 Свойства лазерного излучения.

Лазерное излучение – это электромагнитное излучение в оптическом диапазоне. Ему присущи такие свойства как: когерентность, монохроматичность, поляризованность, направленность.

Когерентность – это согласованность нескольких колебательных процессов во времени, проявляющаяся при сложении. При сложении, двух и более двух волн, способно взаимно усиливать или ослаблять. Сложение волн создает в пространстве интерференционную картину. Разделяют на пространственную и временную когерентности. Большинство лазеров,

применяемых в ЛТ, имеют малую длину когерентности. Длина когерентности импульсных полупроводниковых лазеров составляет доли миллиметра. То есть излучаемое поле проявляет себя как некогерентный источник на небольшом расстоянии от биологического объекта.

Монохроматичность – электромагнитная волна определенной и постоянной частоты (малой ширины спектра). Импульсные полупроводниковые лазеры имеют менее 5 нм ширины спектра. А у одномодовых, непрерывных лазеров ширина не более 0,3 нм.

Поляризация – это распределение вектора напряженности магнитного и электрического поля относительно распространения и направления в электромагнитной волне. Если две составляющие вектора напряженности электрического поля **E** совершают колебания с постоянной разностью фаз во времени, то эта волна считается поляризованной.

Направленность – как следствие когерентности излучения, фотоны распространяются в одном направлении.

Мощность лазерного излучения – энергетическая характеристика электромагнитного излучения. В системе СИ – Ватт [Вт].

Энергия излучения – это мощность электромагнитной волны в единицу времени. В системе СИ – Джоуль [Дж], [Вт·сек].

Плотность мощности излучения – это отношение мощности к площади поверхности, перпендикулярной к направлению излучения. В системе СИ – [Дж/м²].

Плотность дозы излучения – это распространенная энергия по площади поверхности воздействия. В системе СИ – [Дж/м²].

Для непосредственной деструкции мишени важны величина энергии и мощности лазерного излучения. На практике параметры излучения пересчитывают на единицу площади – плотность потока энергии (Дж/см²) и скорость потока энергии (Вт/см²).

Плотность потока энергии должна быть достаточной, чтобы произошло отбеливание пигмента без побочных последствий. Большие размеры пятна

облучения обеспечивают более глубокое проникновение, что так же уменьшает возможность повреждения кожи.

Модуляция излучения – процесс описывается изменением мощности излучения во времени (амплитудная), фазы (фазовая), частоты (частотная). В ЛТ используется только амплитудная модуляция, которая описывается: длительностью импульса $t_{и}$ – определяется на уровне половины максимальной амплитуды (время за которое происходит излучение); темновой период $T_{\text{темн.}}$ – время релаксации ткани на которую воздействует излучение (время отсутствия излучения); частота и период; скважность Q – отношения T к $t_{и}$.

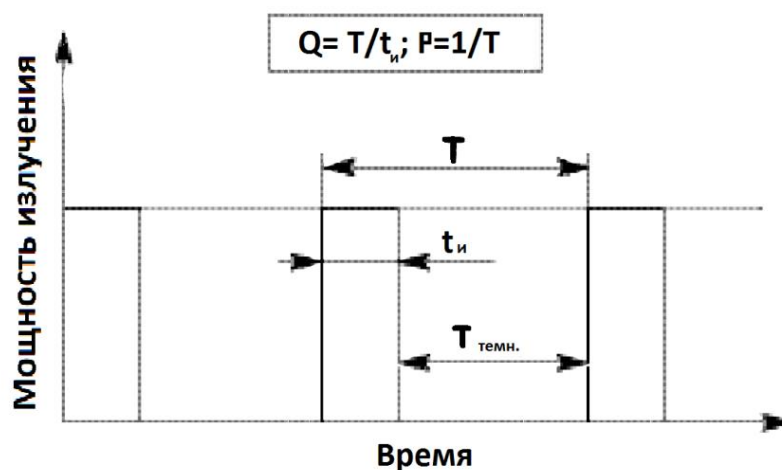


Рисунок 1. Основные параметры модулированного излучения

1.3 Основные режимы лазерного излучения

- модулированный – изменение мощности излучения (изменение амплитуды), средняя мощность ($P_{\text{ср.}}$) в Q раз меньше максимальной ($P_{\text{мак.}}$).

$$P_{\text{ср.}} = \frac{P_{\text{мак.}}}{Q}$$

- непрерывный – мощность не изменяется за все время излучения и средняя мощность равна максимальной мощности.
- импульсный – это излучение в виде редко повторяющихся импульсов за короткий промежуток времени.

Основные замечания по режимам излучения:

- I. Излучение непрерывных лазеров модулируется в рамках мощности, которую они обеспечивают в непрерывном режиме.
- II. Модуляция может быть многочастотной.
- III. Непрерывные лазеры могут иметь мощность в десятки ватт и при модуляции обеспечивать импульсный режим, но импульсные лазеры не работают в непрерывном режиме. Механизм работы импульсных лазеров состоит в накоплении энергии в течении относительно долгого промежутка времени.
- IV. Условно импульсным считается такое модулированное излучение, у которого длительность импульса не превышает 1 мкс при скважности более 100.

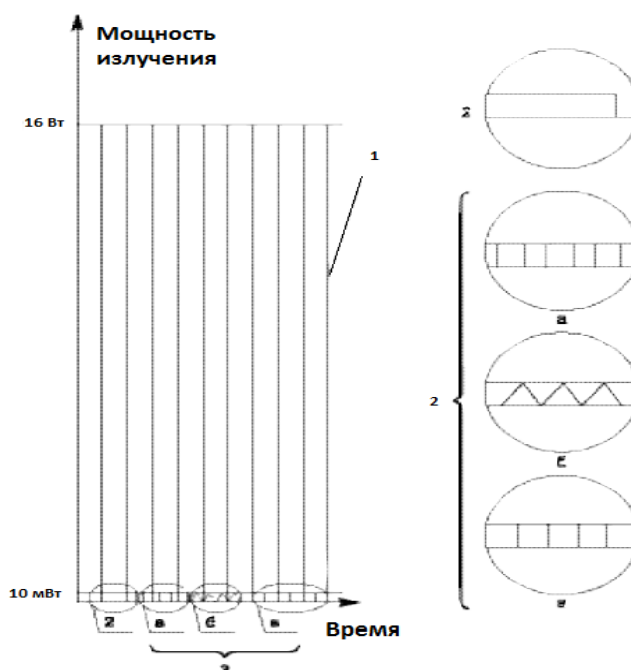


Рисунок 2. Режим излучения: 1-импульсный; 2-непрерывный; 3-модулированный: а-прямоугольный, б-«пила», в-короткие импульсы.

Глава 2 Взаимодействие лазерного излучения с биотканями

Для того чтобы воздействие на биоткань лазерным излучением было эффективным имеется важный ряд параметров: время облучения, режим облучения, длительность воздействия. Так же к ряду факторов нужно отнести гомеостаз живой ткани. Для того чтобы начались морфологические изменения в зависимости от интенсивности света пороговая длительность облучения и длины волны, может отличаться для одного и того же объекта. Это означает, что произведение интенсивности на время облучения не является постоянной для биологического объекта.

При лазерном воздействии в облученных тканях происходят физико-химические изменения. Данные изменения можно зарегистрировать на всех уровнях био-материи:

- Субклеточный (происходит возбуждение молекул, образуются свободные радикалы, коагуляция и ускоренный синтез белка; синтез РНК, ДНК и коллагена);
- Клеточный (повышение синтетической активности, изменение потенциала и проницаемости мембран, а также изменения электрического поля клеток);
- Тканевый (активация ОВР, изменение давления межклеточной жидкости и микроциркуляции);
- Органов (стимуляция функций органов).

2.1 Реакции ткани на лазерное воздействие

Проявление реакций на лазерное облучение определяется дозой, биологической характеристикой, а также пространственно-временными характеристиками. Впоследствии появляются электронно-возбужденные состояния молекул и атомов, происходит миграция электронного возбуждения, начало фотофизического эффекта, нагрев. Лазерное облучение может приводить к неоднородности температурного градиента в ткани. Это влияет на постоянство скорости биохимических процессов. Эндотермические реакции так же зависят от скорости и периодичности облучения. В зависимости от температуры могут происходить такие процессы как: температурная активация, денатурация белка, коагуляция, испарение, карбонизация.

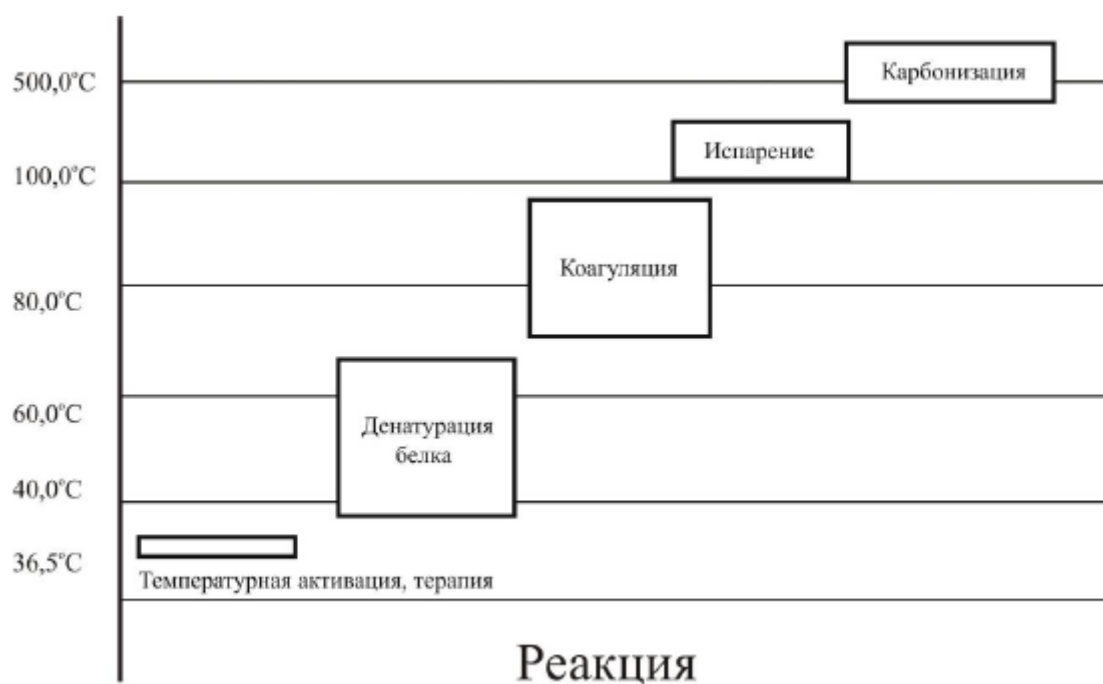


Рисунок 3. Процессы, наблюдаемые в биотканях при различных температурах.

При взаимодействии лазерного излучения с тканью могут произойти следующие реакции:

Фотостимуляция. При использовании низкоинтенсивных лазеров. По энергетическим параметрам происходит воздействие на ткань не повреждающее биосистему. Энергии достаточно для активации жизнедеятельности организма.

Фотодинамическая реакция. Когда воздействие происходит на определенной длине волны на фотосенсибилизатор, обеспечивающий цитотоксический эффект на патологическую ткань.

Фототермолиз и фотомеханические реакции. При поглощении излучения хромофором, происходит преобразование энергии в тепло. При достаточной мощности это приводит к тепловому разрушению мишени.

Энергия в облученном объеме преобразуется в тепло, которое вызывает локальное повышение температуры. При низкоинтенсивном лазерном воздействии не происходит фазовых переходов, температура повышается пропорционально плотности энергии. За счет теплопроводности тепло уходит в более холодный участок. Максимальная температура ограничивается интенсивностью облучения. Получается, что к термическим свойствам живой ткани можно отнести: теплопроводность, локальное поглощение тепла и отводом тепла сосудистой системой.

Таким образом, поглощение света является одной из характеристик эффективного взаимодействия излучения с биотканью. Спектры поглощения определяются доминантами поглощающих центров (хромофоров), а так же водой. Поглощение света, проходящего сквозь слои ткани, зависит от исходной интенсивности излучения, толщины слоя биоткани, спектра поглощения и коэффициента поглощения. Если свет не поглощается веществом, то никакого воздействия на него нет. Процесс поглощения описывается законом Бугера-Ламберта-Бера. Это физический закон, который описывает поглощение параллельного монохроматического пучка света при распространении его в однородной поглощающей среде.

$$I(l) = I_0 e^{-k_{\lambda} l}$$

Где I_0 - интенсивность входящего пучка, l – толщина слоя вещества, k_λ – показатель поглощения, λ – длина волны.

Рассеивание света хромофорами – одно из характерных явлений. Оно определяется пропусканием коротких длин волн. Это явление непосредственно связано со структурой биосистем, которые состоят из случайного числа рассеивающих центров. Для многих типов тканей ИК и УФ диапазон поглощается, в то время как в видимом и ближнем ИК диапазоне присуще рассеивание. Для длин волн 450÷590 нм коэффициенты поглощения и рассеивания равны, но на таких длинах волн как 590÷1500 нм преобладает рассеивание.

Так же важной оптической характеристикой биоткани является коэффициент отражения. Кожный покров человека в видимой области отражает 10÷60% световой энергии. Скачок показателя преломления на границе раздела двух сред как раз таки и обусловлен явлением отражения от биообъекта.

Селективное воздействие на биообъект напрямую зависит от спектрального диапазона. УФ излучение поглощается белками и липидами, а так же нуклеиновыми кислотами. Видимый диапазон поглощается хромофорными группами белковых молекул. Ближний ИК преимущественно поглощается кислородом.

Глава 3 Тканевые хромофоры

В эстетической медицине работают с эндогенными и экзогенными хромофорами кожи. К эндогенным относят меланин, гемоглобин, коллаген, вода.

1. Меланин содержится в эпидермисе и волосяных фолликулах. Спектр поглощения лежит в ультрафиолетовом (до 400 нм) и видимом (400-760 нм) диапазонах спектра. С увеличением длины волны поглощение лазерного излучения данным хромофором

уменьшается. Ослабление поглощения наступает в инфракрасной области спектра (от 900 нм).

2. Гемоглобин содержится в эритроцитах. Пики спектра поглощения находятся в ультрафиолетовом (320-400 нм), фиолетовом (400нм), зеленом (541нм) и желтом (577нм) диапазонах.

3. Коллаген составляет основу дермы. Спектры поглощения лежат в видимом диапазоне (от 400нм до 760нм) и в ближнем ИК диапазоне (от 760нм до 2500нм).

4. Вода составляет до 70% дермы. Спектр поглощения лежит в средней (2500нм-5000нм) и дальней (5000нм-10064нм) инфракрасной области спектра.

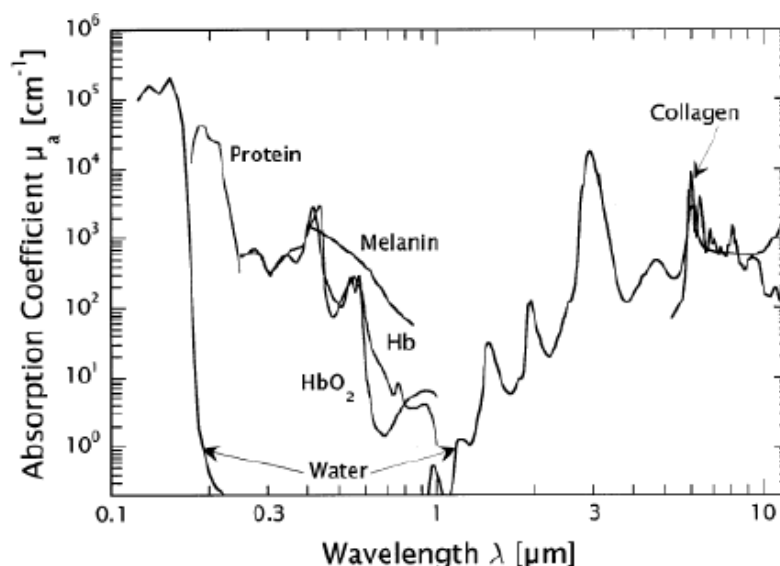


Рисунок 4. Коэффициенты поглощения главных хромофоров ткани.

К экзогенным хромофорам кожи относят татуировочные чернила и привнесённые элементы (грязь, древесина, ткань и др.). Состав чернил очень многообразен от оксидов металла до органических соединений.

Татуировка – художественная форма, которая берет свое начало еще с каменного века (12 000 до н.э.). Тату пользовались популярностью в течении веков у многих культур. Доказательством удаления татуировок приводят

археологические находки мумий (4000 до н.э.). Татуировки в частом случае не всегда одобряются обществом, что приводит к барьеру к занятости.

Частицы краски первоначально расположены как тонкие гранулы в верхнем слое дермы, после двух недель они агрегируются. Биопсия старых татуировок демонстрирует пигмент в более глубоких слоях дермы нежели свежие татуировки. В конечном счете чернила появляются в региональных лимфатических узлах. Чернила татуировки удивительно гистологически неактивные, несмотря на пигменты неизвестной чистоты. Любительские чернила состоят из простых частиц угля или индиго. Но встречаются в красных пигментах ртуть, желтые (кадмий), зеленые (хром) и синие (кобальт), что выявляют аллергические реакции или фотоаллергический дерматит, а иногда и сепсис.

Таблица 2. Состав красок для татуировок

Черный	Оксид железа Кристаллы магнетита Аморфный углерод (сажа) Кампешевое дерево
Коричневый	Охра (оксид железа в смеси с глиной)
Красный	Киноварь (токсична) Кадмий красный (токсичен) Оксид железа (ржавчина)
Оранжевый	Кадмий сульфид селена
Желтый	Кадмий Охра Куркума (производная от имбиря) Хром
Зеленый	Окись хрома Хромат свинца Малахит в измельченном виде
Синий	Лазурит Оксид кобальта Медь минерального происхождения
Белый	Диоксид титана

Таблица 3. Спектр поглощения хромофоров

Черный	На всех длинах волн
Синий	625-755 нм
Зеленый	625-755 нм
Красный	До 575 нм
Желтый	575 нм и выше
Оранжевый	560 нм и выше
Фиолетовый	До 575 нм
Коричневый	Ниже 560 нм

3.1 Селективный фототермолиз

Метод селективного термолиза произвел революцию в удалении пигмента татуировки. Принцип состоит в том, что длина волны излучения соответствует поглощению хромофора, а длительность импульса равна или короче времени тепловой релаксации мишени воздействия. Микронный размер пигмента predetermined выбор наносекундных лазеров, как источника облучения. Основные положения теории селективного фототермолиза были введены Андерсоном и Пэришом в 1983 году.

- 1) Тканевые хромофоры (меланин и гемоглобин) поглощают свет тем интенсивнее, чем короче длинна волны излучения.
- 2) Эффективность поглощения лазерного излучения в глубоких слоях кожи растет с увеличением длинны волны.
- 3) Чем меньше размер мишени, тем короче должен быть импульс излучения
- 4) При слишком коротком импульсе раньше разогрева мишени произойдет ее разрушение из-за ударных волн, обусловленных генерацией плазмы и оптическим пробоем.

Для селективного разрушения тату пигмента длина волны должна соответствовать спектру поглощения для каждого цвета чернил, минимизируя тепловые эффекты на эндогенные хромофоры. В выборе оптимальной волны воздействия на цветной пигмент можно подобрать исходя из их спектров отражения.

Глава 4 Деструкция TiO_2 излучением Nd:YAG-лазера

4.1 Nd:YAG – лазер.

Лазер с длиной волны 1064 нм – один из оптимальных вариантов для удаления пигмента, т.к. на данной длине волны воздействие на меланин минимально, что позволяет избежать повреждения эпидермы. Длина волны полностью поглощается водой на глубине 0.1-0.2 мм. Мгновенная передача тепла от поглощенного излучения приводит к испарению ткани. Q-sw Nd:YAG лазер исследовался в предложении для эксперимента деструкции светлых тонов пигмента т.к. его длина волны 1064 нм увеличит дермальное проникновение и уменьшит поглощение меланина, избегая пигментные изменения и при этом collagen практически не повреждается.

Это твердотельный лазер на стекле неодимом (Nd^{3+}). На силикатном стекле для волны излучения составляет 1064 нм, фосфатном – 1054 нм. Данный лазер работает в импульсном режиме до 1кДж, частота повторений импульсов 1÷2 Гц. Диаметр пучка в свободной генерации составляет 5÷10 мм, а расходимость 5÷10 мрад. Неодимовый лазер имеет широкое применение в биотехнологиях в отличие от других известных твердотельных лазеров. Они работают в непрерывном и в импульсном режиме. В качестве накачки используют ксеноновые и криптоновые лампы. По уровню выходной

мощности уступает только CO_2 лазерам. Коэффициент полезного действия равен $2 \div 5 \%$.

Nd:YAG лазеры разделяют на импульсные с непрерывной накачкой, непрерывные и импульсные с импульсной накачкой. Средняя мощность импульсных лазеров с непрерывной накачкой достигает 50 Вт. Так же в данных лазерах предусмотрена периодическая модуляция добротности резонатора частотой $5 \div 50$ кГц. Непрерывные лазеры генерируют $65 \div 250$ Вт средней мощности и имея расходимость $10 \div 12$ мрад.

Импульсные лазеры с импульсной накачкой имеют частоту $25 \div 300$ Гц. Длительность импульса в пределах от единиц наносекунд до сотен миллисекунд. Без дополнительных усилителей энергия импульса составляет $0,05 \div 10$ Дж, средняя мощность 100 Вт, расходимость $4 \div 8$ мрад.

4.2 Образец белого пигмента TiO_2 .

TiO_2 – амфотерный оксид четырехвалентного титана. Нагревание до 2200°C приводит к отщеплению кислорода с образованием синего Ti_3O_5 ($\text{TiO}_2 \cdot \text{Ti}_2\text{O}_3$), а затем темно-фиолетового Ti_2O_3 . Под воздействием ультрафиолетовых лучей способен разлагать воду и органические соединения. Сублимируется при температуре 1800°C , желтеет при нагревании.

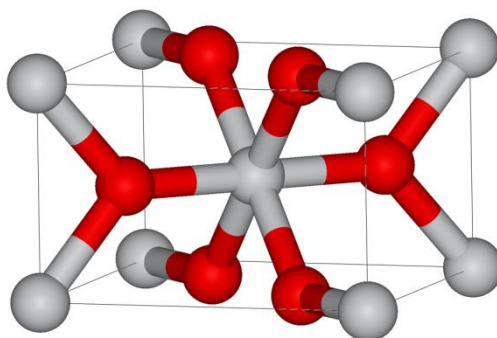


Рисунок 5. Молекулярная структура TiO_2

Таблица 4. Термические свойства

Температура плавления	1843°C
Температура кипения	2972°C
Температура разложения	2900°C
Давление пара	0 ± 1 мм.рт.ст.

Диоксид титана является прочным соединением, имеет белый цвет и этот элемент единственный, который входит в состав белой краски для татуировок. TiO_2 можно использовать как образец для эксперимента.

Глава 5 Эксперимент деструкции пигмента

5.1 Облучение TiO_2 неодимовым лазером.

В апреле 2017 года в аудитории 032 второго корпуса Томского политехнического университета, В. И. Олешко и В.П. Ципилевым был поставлен эксперимент. Эксперимент заключался в облучении TiO_2 Nd:YAG-лазером.

Ход эксперимента.

Облучение пигмента лазерным излучением Nd:YAG 1064 нм, 15 нс.

Образцы: высушенные капли TiO_2 на стеклянной подложке.

Облучение пучком $d=1$ мм, со стороны стекла.

Режимы:

- 1) Один импульс; плотность энергии 3 Дж/см² (0,00235 Дж)
- 2) Серия импульсов, до потемнения; плотность энергии 0,3 Дж/см² (0,0023 Дж)

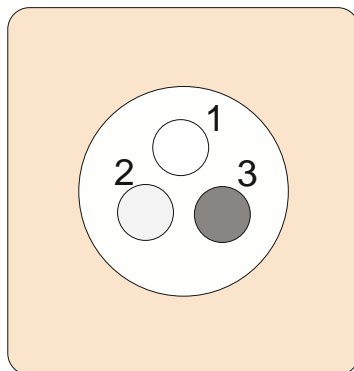


Рисунок 6. Образцы TiO_2 .

1 – Необлученный участок пигмента

2 – Облученный одним импульсом с плотностью энергии E

3 – Облученный серией импульсов N плотностью энергии E

Анализ эксперимента:

- 1) Микрофотографии трех участков.
- 2) Коэффициент пропускания.
- 3) Свечение очагов в момент облучения.
- 4) Коэффициент отражения.
- 5) Структурно фазовый анализ.

б) Параметры свечения в момент облучения: длительность свечения, интенсивность пика, время затухания.

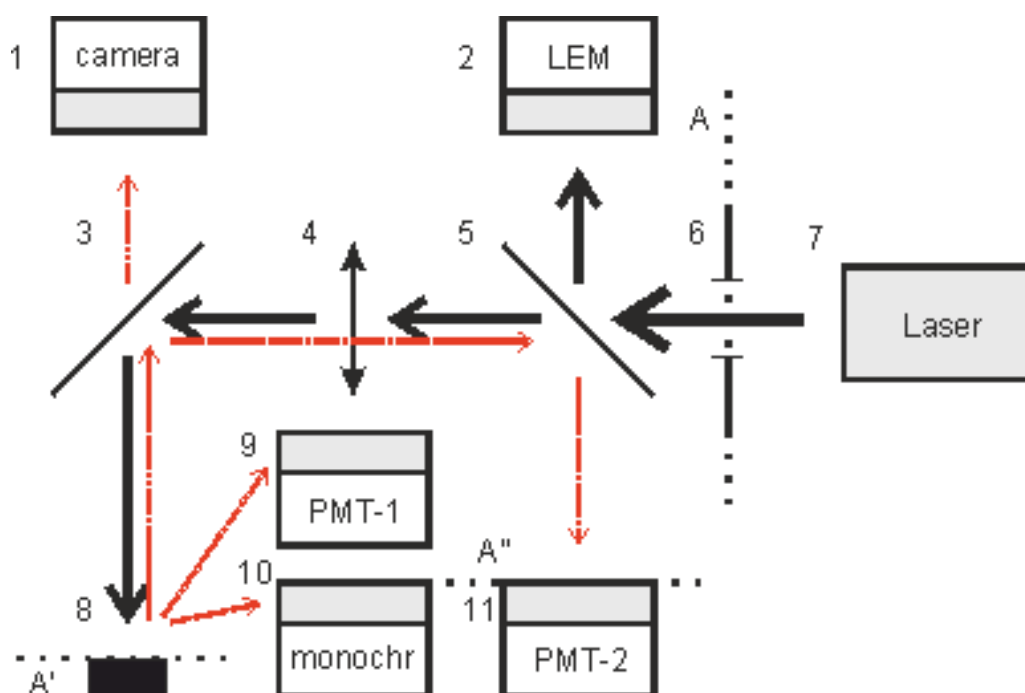


Рисунок 7. Экспериментальная установка.

1 – фотоаппарат Canon с режимом микросъемки; 2 – измеритель энергии; 3 – интерференционное зеркало (к-т отражения 0,9 на длине волны лазерного излучения); 4 – объектив; 5 – интерференционное зеркало (к-т отражения 0,5 на длине волны лазерного излучения); 6 – диафрагма; 7 – лазер; 8 – образец; 9 – «панорамный» ФЭУ; 10 – монохроматор; 11 – «зонный» ФЭУ.

Исследование пигмента

Диаметр пятна на образце – 2 мм

$$\text{Площадь пятна} - S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 0,0314 \text{ см}^2$$

Энергия лазерного пучка E – 110 Дж * 0,4

$$\text{Плотность энергии} - W = \frac{E}{S} = \frac{110 \cdot 0,4 \text{ мДж}}{0,0314 \text{ см}^2} = 1,401 \text{ Дж/см}^2$$

Чувствительность фотоаппарата – 6400

Облучение образца №1 одним импульсом.



Рисунок 8. Образец №1, до облучения.

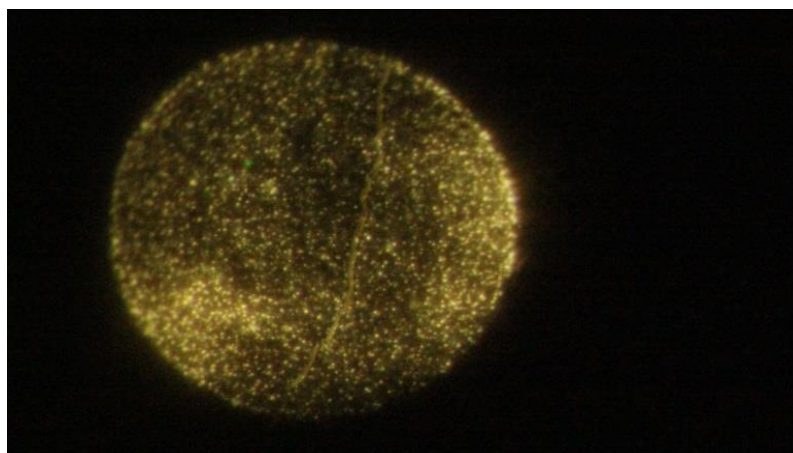


Рисунок 9. Образец №1, свечение центров в момент первого облучения.



Рисунок 10. Образец №1, после первого облучения.

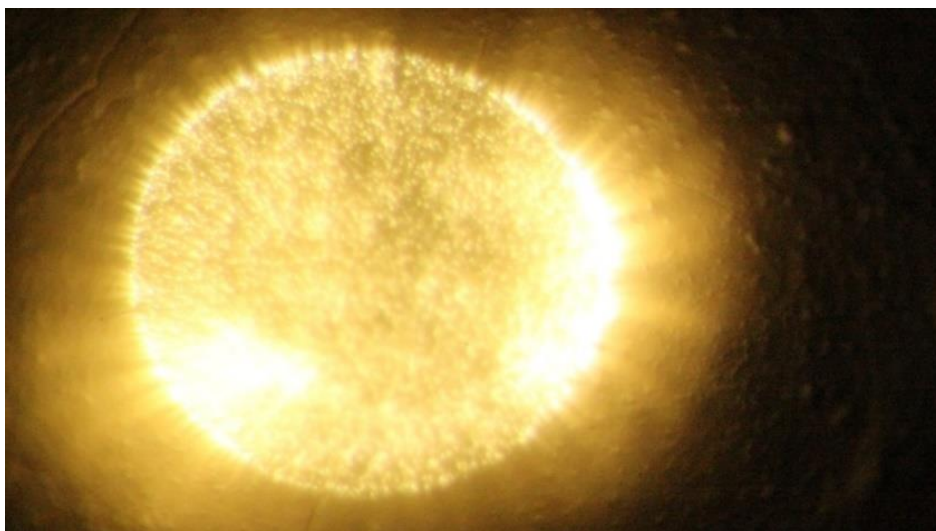


Рисунок 11. Образец №1, свечение центров в момент второго облучения.

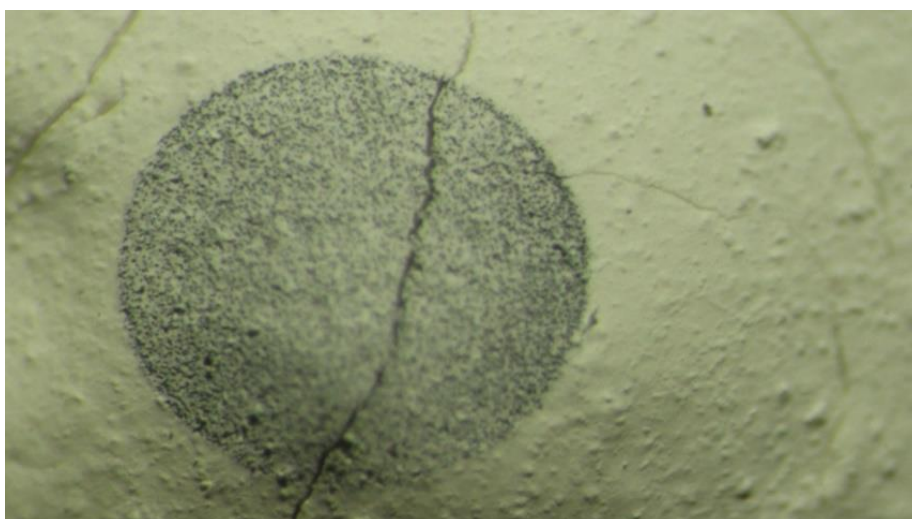


Рисунок 12. Образец №1, после второго облучения.

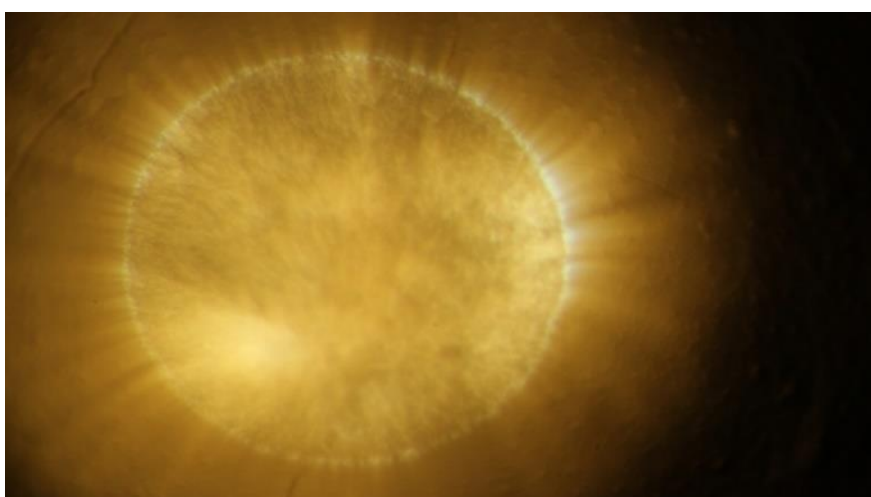


Рисунок 13. Образец №1, свечение центров в момент третьего облучения.

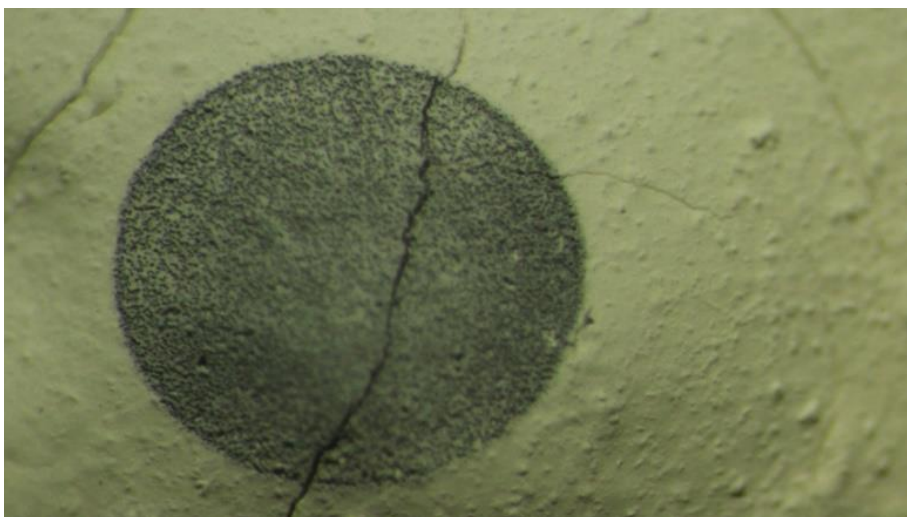


Рисунок 14. Образец №1, после третьего облучения.

Облучение образца №2 импульсным режимом.

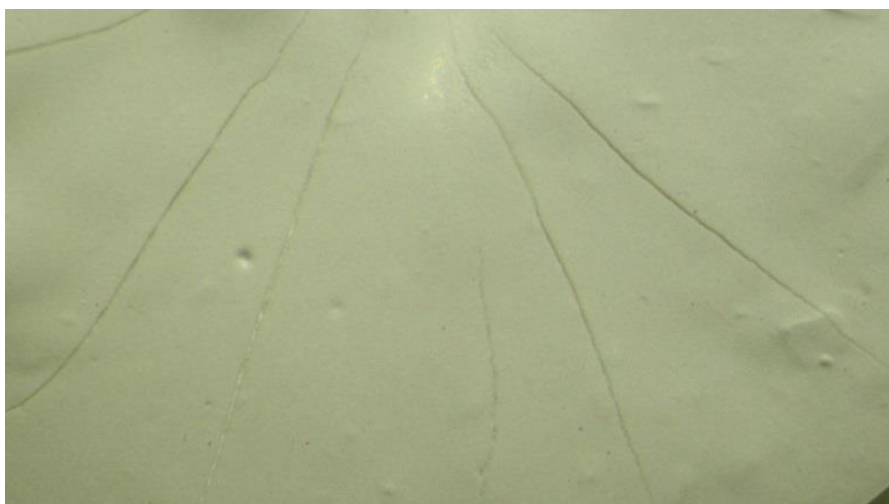


Рисунок 15. Образец №2, до облучения.

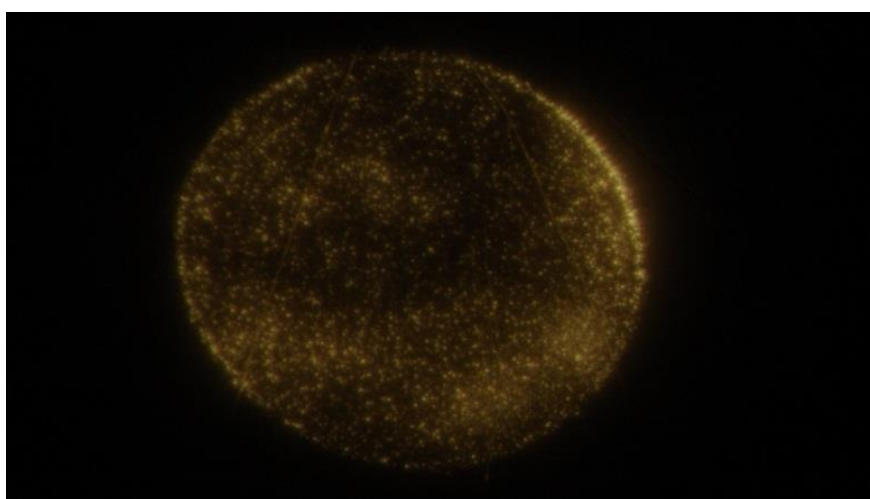


Рисунок 16. Образец №2, свечение центров в момент первого облучения.

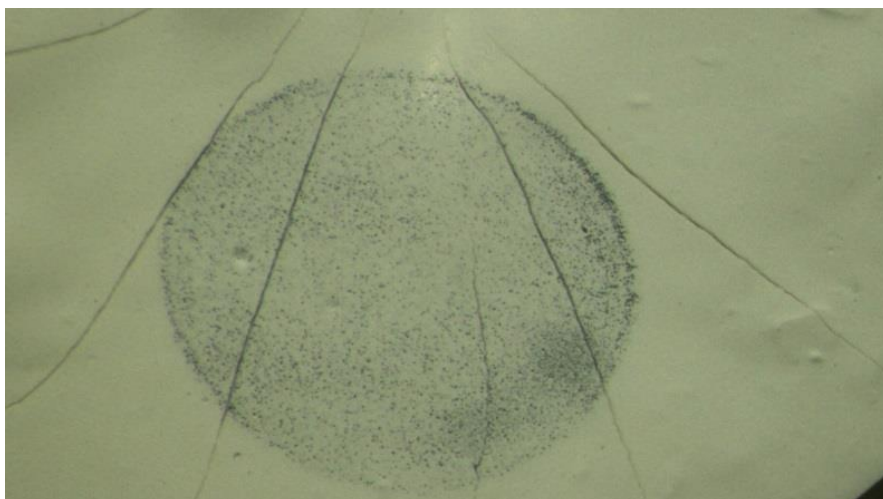


Рисунок 17. Образец №2, после первого облучения облучения.



Рисунок 18. Образец №2, свечение центров в момент второго облучения.

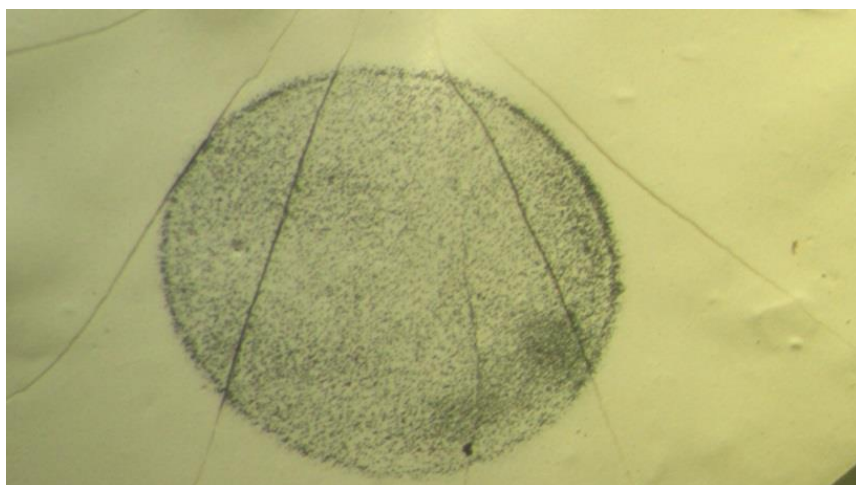


Рисунок 19. Образец №2, после второго облучения.



Рисунок 20. Образец №2, свечение центров в момент третьего облучения.

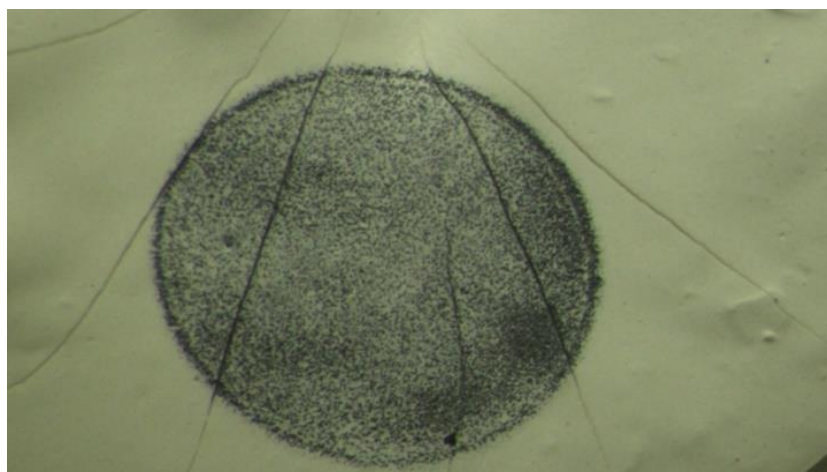


Рисунок 21. Образец №2, свечение центров в момент третьего облучения.

5.2 Структурный анализ образцов

Структурный анализ первого образца

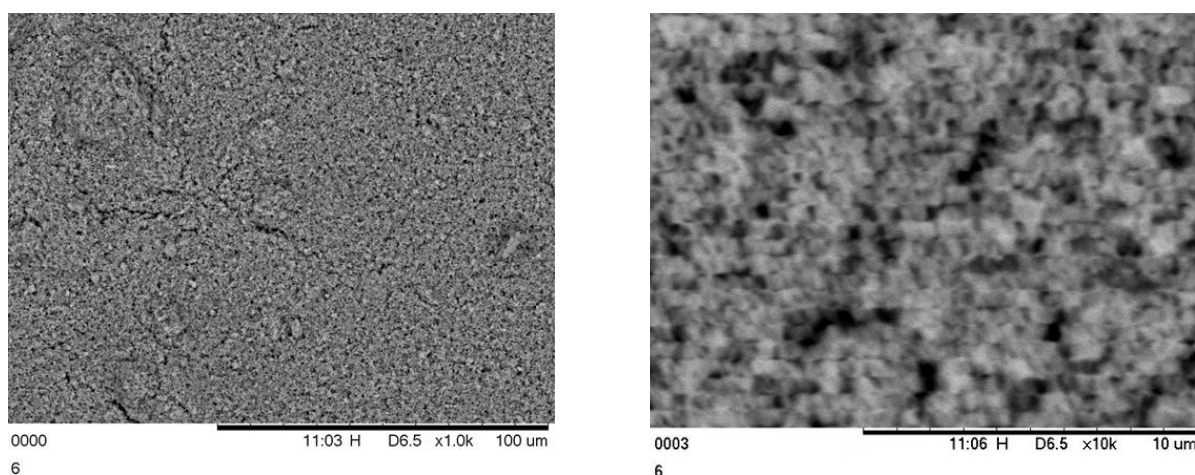


Рисунок 22. Структура образца до облучения с увеличением 100 и 10 микрометров.

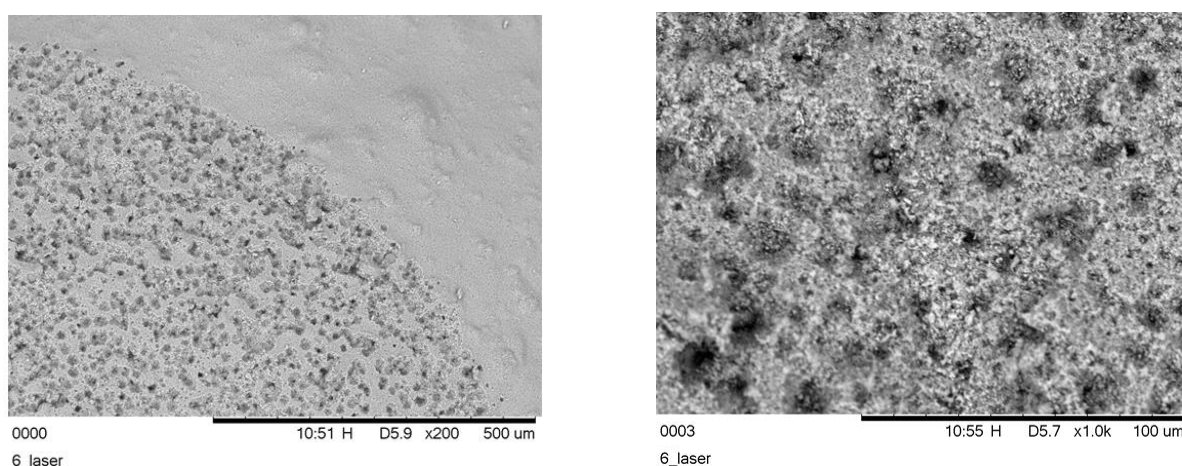


Рисунок 23. Структура образца после облучения. С увеличением 500 и 100 микрометров.

Структурный анализ образца №2

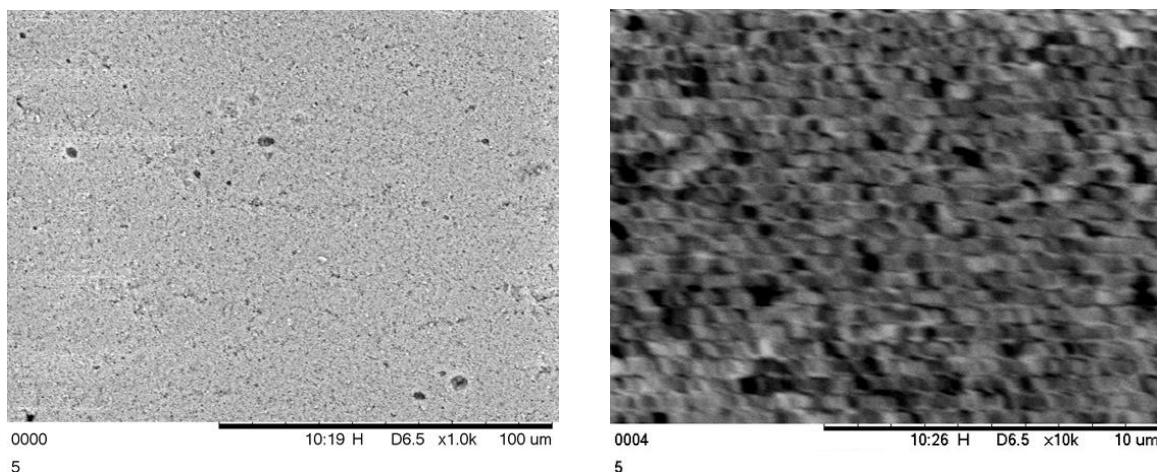


Рисунок 24. Структура образца до облучения. С увеличением 100 и 10 микрометров.

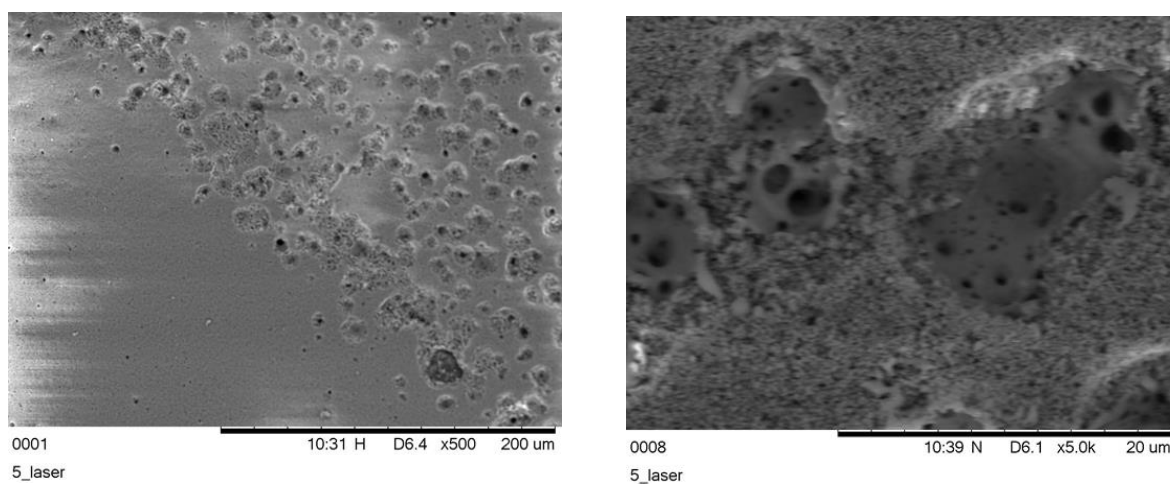


Рисунок 25. Структура образца после облучения. С увеличением 200 и 20 микрометров.

5.3 Вывод эксперимента

В ходе эксперимента облучалось два образца. Образцы облучались по 3 раза импульсом с плотностью энергии $1,4 \text{ Дж/см}^2$. В момент облучения поверхность светится. Свечение неоднородно по облучаемой области. Имеются яркие центры на общем фоне. При повторном облучении интенсивность свечения из этих очагов возрастает, поверхность в местах свечения темнеет.

Образцы после облучения наблюдались под микроскопом, где видно, что центры свечения потемнели. На данный момент предполагается, что видимые потемнения после облучения это не чистый титан, а Ti_2O_3 .

6. Социальная ответственность

Введение

Предметом исследования дипломной работы является изучение процессов, происходящих при многократном облучении TiO_2 излучением Nd:YAG – лазера. И заключалась в обработке данных на компьютере.

Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда при ее выполнении. Произведен анализ вредных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, повышения уровня вибрации, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

В разделе рассмотрены пункты согласно нормам и установленным правилам, а также приведены ссылки нормативно – технической документации.

6.1. Производственная безопасность

6.1.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

ВКР выполнялась в 032 лаборатории второго корпуса ТПУ.

Общая площадь рабочего помещения составляет 18 м^2 (длина $A = 4 \text{ м}$, ширина $B = 4,5 \text{ м}$), объем составляет 45 м^3 (высота $C = 2,5 \text{ м}$).

По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют $4,5 \text{ м}^2$ и 15 м^3 объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест (3 человека) соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

Проведя анализ габаритных размеров кабинета, рассмотрим микроклимат в этом помещении. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха и освещение.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостаток - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам, СП 60.13330.2012 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40 м^3 . В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 45 м^3 , из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется.

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум вызывает головную боль, быструю утомляемость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, ухудшается память, снижается реакция.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения ЭВМ. Уровень шума колеблется от 35 до 40 дБА. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. Следовательно, можно считать, что рабочее место соответствует выше указанным нормам.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц, 2,5 В/м в диапазоне от 2 до 400 кГц. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer 5750G со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76).

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света. Нормальная освещённость достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами.

В качестве источников искусственного света используется люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеет ряд существенных преимуществ: по спектральному составу близки к дневному, естественному свету; обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза

выше, чем КПД ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания); более длительный срок службы.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк, что достигается установкой местного освещения. Местное освещение создавать бликов на экране. За счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

6.1.3 Расчет освещения

В помещении используется совместное освещение – искусственное и естественное (через окна). Система освещения общая. Использована люминесцентная компактная лампа (мощность 150 Вт). Выбор типа светильника производится с учетом следующих основных факторов:

- требуемое количество освещения;
- безопасность эксплуатации;
- удобство;
- экономичность.

Для определения необходимого количества ламп и выбора их типа ниже произведен расчет общего искусственного освещения люминесцентного освещения.

Дано помещение с размерами: длина $A = 4$ м, ширина $B = 4,5$ м, высота $H = 2,5$ м. Высота рабочей поверхности $h_{rp} = 0,6$ м.

Коэффициент отражения стен $R_{ст} = 50 \%$ и потолка $R_{п} = 70 \%$ для данной комнаты имеют следующие значения. Коэффициент запаса $k = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$.

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Приняв свес светильника $h_c = 0,2$ м и $\lambda = 1,4$ (для ОД) получаем:

(h - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью)

$$h = H - h_p - h_c$$

$$h = 2,5 - 0,6 - 0,2 = 1,7 \text{ м}$$

(L – расстояние между светильниками)

$$L = h * \lambda = 1,7 * 1,4 = 2,38 \text{ м}$$

$$\frac{L}{3} = 0,78 \text{ м}$$

Таким образом, размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду необходимо установить 2 светильника типа ОД мощностью 30 Вт (с длиной 0,933 м). План размещения светильников показан на рисунке 20.

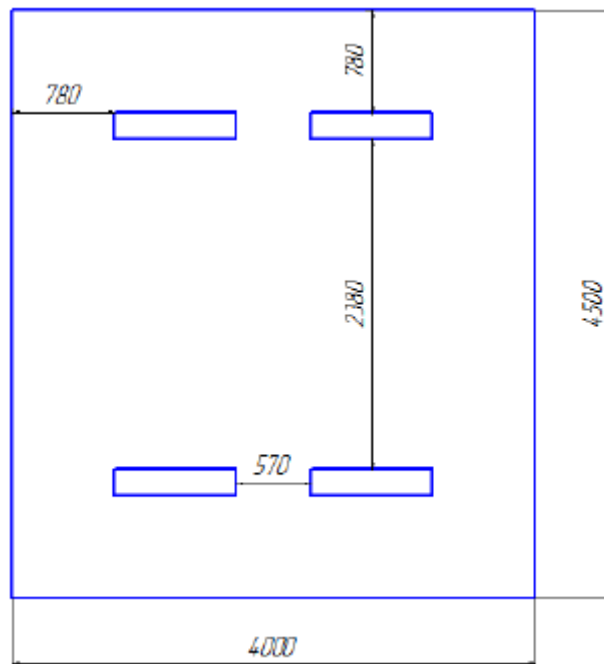


Рисунок 26. План размещения светильников

Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп $N = 8$.

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h(a + b)}$$

$$i = \frac{18}{1,7} * (4 + 4,5) = 1,25$$

По таблице находим коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,53$$

По табл. определяем, что нормированная освещенность $E_t = 300-200 \text{ лк}$ (берем $E_t = 200 \text{ лк}$).

Определим потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$F = \frac{E_t * k * S * z}{N * n}$$

$$F = 200 * 18 * 1,5 * \frac{1,1}{8} * 0,53 = 1401 \text{ Лм}$$

По таблице [36] выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД 30 Вт с потоком 1650 Лм.

Делаем проверку по формуле:

$$-10\% \leq \frac{F_{\text{л. стандарт}} - F_{\text{л. расч}}}{F_{\text{л. стандарт}}} \leq +20\%$$

Получаем:

$$-10\% \leq 7,25\% \leq +20\% \text{ (подходит)}$$

Электрическая мощность осветительной установки равна:

$$P = 8 * 30 = 240 \text{ Вт}$$

Нервно-эмоциональное напряжение при работе на ПК возникает вследствие монотонного режима работы, поэтому необходимо делать перерывы во время работы.

Меры защиты от вредных факторов производства делятся на технические и организационные. К ним относится защита от вредного воздействия облучения. При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;

- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;

- должны использоваться дисплеи со встроенными защитными экранами.

6.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электро-поражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незаземленного от земли человека к незаземленным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;

- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;

Своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

6.3 Экологическая безопасность

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке;

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

- Побеспокоится заранее о том, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой.
- Узнать насколько новая техника соответствует современным эко-стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать на «свалку» необходимо по следующим причинам:

Во-первых, в любой компьютерной и организационной технике содержится некоторое количество драгоценных металлов. Российским законодательством предусмотрен пункт, согласно которому все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех, которые входят в состав основных средств. За несоблюдение правил учета, организация может быть оштрафована на сумму от 20000 до 30000 руб. (согласно ст. 19.14. КоАП РФ);

Во-вторых, предприятие также может быть оштрафовано за несанкционированный вывоз техники или оборудования на «свалку»;

В-третьих, утилизируя технику мы заботимся об экологии: количество не перерабатываемых отходов минимизируется, а такие отходы, как пластик, пластмассы, лом черных и цветных металлов, используются во вторичном производстве. Электронные платы, в которых содержатся драгметаллы, после переработки отправляются на аффинажный завод, после чего чистые металлы сдаются в Госфонд, а не оседают на свалках.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

1. Мониторы с электронно-лучевыми трубками необходимо сдать для переработки в ближайший специализированный центр переработки или передать его изготовителю для дальнейшего рециклинга.

2. Использовать услуги профессиональной компании по рециклингу, которая может приехать и забрать все приборы, которые планируется сдать в переработку.

3. Можно обратиться в местный муниципалитет по вопросу переработки электроники.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В помещении, где производилась выпускная квалификационная работа, имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Данное помещение относится к категории В (наличие твердых сгораемых вещей).

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильными размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

1. Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
2. Обучение персонала правилам техники безопасности;
3. Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

1. Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
2. Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
3. Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на досягаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Снижению психофизических и нервно-эмоциональных нагрузок способствует правильная организация рабочего места.

При разработке программы пользователь работает на ПЭВМ более 50% рабочего времени.

При организации рабочего места пользователя следует учитывать данные антропометрии, т.е. движения должны быть сконцентрированы так,

чтобы группы мышц были нагружены равномерно и исключены лишние произвольные движения.

При организации рабочего места следует учитывать удобство положения дисплея, клавиатуры, системного блока, а также зоны досягаемости рук, которые установлены на основании антропометрических данных человеческого тела и дают возможность рационально разместить как по горизонтали, так и по вертикали монитор, клавиатуру, системный блок, устройства и т.п.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Научно-исследовательская работа представляет собой процесс исследования деструкции светлых пигментов лазерным излучением. Испытуемый материал в эксперименте TiO_2 облучается Nd:YAG – лазером. Для получения данных использовался измеритель энергии LEM, фотоаппарат Canon с режимом микросъемки, микроскоп для структурного фазового анализа облученного образца и персональный компьютер. Работа выполнялась в 032 аудитории 2 корпуса Политехнического университета.

Целью данного раздела является экономическое обоснование научно-исследовательской работы по изучению процесса деструкции светлых пигментов при помощи лазерного излучения. В частности, изучение процессов, происходящих при многократном облучении Nd:YAG-лазера в массовом производстве.

Достижение цели обеспечивается решением ряда следующих задач:

- составление календарного плана и графика работ;
- оценка стоимости материально-технических, человеческих и финансовых ресурсов для исполнения проекта;
- формирование сметы на реализацию проекта;

7.1. Потенциальные потребители результатов проекта

Результатом проекта послужит фундаментом для создания метода деструкции светлых пигментов лазерным излучением. Потенциальными потребителями данного исследования являются частные медицинские клиники и косметологические кабинеты. На данный момент нет абсолютной и точной методики деструкции светлого пигмента в биоткани человека, но в связи с развитием лазерных технологий это становится возможным.

На данный момент деструкция светлых тонов пигмента не применяется на территории Российской Федерации.

7.2. Планирование научно- исследовательских работ

Предполагаемые работы планируются следующим образом:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ.

7.3. Структура и порядок работ научного исследования

Для начала необходимо определить участников проводимого исследования. Таковыми являются профессор отделения материаловедения (или руководитель), студент группы 4В41. Каждой выполняемой работе соответствует исполнитель, обладающей определенной должностью.

Таблица 5. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания ВКР	1	Определение направления исследования	Руководитель
	2	Составление задания	Руководитель
	3	Согласование задания с исполнителем	Руководитель, студент
Выбор направления исследований	4	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических обоснований	Руководитель, студент
	7	Разработка технологии изготовления	Студент
	8	Изготовление	Студент
	9	Ознакомление с методами оптического анализа	Руководитель, студент
	10	Оптический анализ	Студент
	11	Оптимизация параметров	Студент
Обобщение и оценка результатов	12	Сравнение результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
	13	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, руководитель
Оформление отчета по НИР	14	Представление результатов для отчета по НИР	Студент
	15	Анализ результатов отчета, выводы	Студент

7.4. Определение трудоемкости работ

Так как трудовые затраты составляют основную часть стоимости разработки, трудоемкость определяется для каждого из участников исследования экспертным путем в человеко- днях по следующей формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i - ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Работы руководителя и студента выполняются параллельно, тогда продолжительность одной работы будет равна:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Переведем длительность каждого из этапов в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$k_{\text{кал}}$ - коэффициент календарности.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вг}} - T_{\text{пг}}} = \frac{365}{365 - 57} = 1,19,$$

где $T_{\text{кг}}$ - кол-во календарных дней в году;

$T_{\text{вг}}$ - кол- во выходных дней в году;

$T_{\text{пг}}$ - кол-во праздничных дней в году.

Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 6. Временные показатели научного исследования

№ раб.	Содержание работ	t_{\min} , дн.	t_{\max} , дн.	$t_{\text{ож}}$, чел.- дн.	T_{pi} , раб. дн.	Продолжит ельность, календ. дн.
1	Определение направления исследования	1	3	1,8	0,9	1
2	Составление задания	2	3	2,4	1,2	1
3	Согласование задания с исполнителем	1	2	1,4	0,7	1
4	Подбор и изучение материалов по теме	5	7	5,8	2,9	3
5	Календарное планирование работ по теме	2	3	2,4	1,2	2
6	Проведение теоретических обоснований	3	5	3,8	1,9	3
7	Разработка технологии изготовления	9	13	10,6	5,3	6
8	Изготовление	2	4	2,8	1,4	2
9	Ознакомление с методами оптического анализа	3	5	3,8	1,9	3
10	Оптический анализ	2	3	2,4	1,2	2
11	Оптимизация параметров	4	6	4,8	2,4	3
12	Сравнение результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2	3	2,4	1,2	2
13	Оценка эффективности полученных результатов	2	3	2,4	1,2	2
14	Представление результатов для отчета по НИР	14	20	16,4	8,2	10
15	Анализ результатов отчета, выводы	5	8	6,2	3,1	4
Итого						45

7.5. Смета научно- технического исследования

В этом разделе необходимо достоверно отобразить абсолютно все вид расходов, которые были произведены во время выполнения научно-технического исследования. Затраты группируются по следующим статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для экспериментов;
- основная зарплата исполнителей задания;
- дополнительная зарплата;
- страховые отчисления;
- накладные расходы.

7.5.1. Расчет материальных затрат НТИ

В этом разделе должны быть учтены все материалы, которые использовались при выполнении задания. Это может быть сырье и материалы, которые требуются для выполнения исследования, покупные материалы для полного функционального обеспечения процесса, запасные части и приспособления, а также считаются затраты на канцелярские принадлежности, картриджи и т.д.

В данной работе конкретно для исследования никаких затрат, кроме канцелярских, не осуществлялось, то есть все необходимое уже было в наличии.

Расчет материальных затрат производится по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расх\ i},$$

где m - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расх\ i}$ - количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

$Ц_i$ - цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T - коэффициент, который учитывает транспортно- заготовительные расходы.

Материальные затраты, произведенные для выполнения данного научно- технического исследования, представлены в таблице 4.

Таблица 7. Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Электроэнергия	кВт/ч	40	2,7	108
Канцелярские товары				330
Расходные материалы	Шт.	1	1000	1000
Связь			450	900
Итого:				2338

7.5.2. Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментов

В данном разделе учитываются все затраты, которые связаны с приобретением оборудования, необходимого для проведения работ по исследовательской работе. Но для данного исследования оборудование отдельно не приобреталось, поэтому следует рассчитать амортизацию оборудования, которое уже было в наличии и использовалось для экспериментов.

Расчет амортизации производится по следующей формуле:

$$Z_{об} = \frac{(Ц \cdot F_{\phi})}{(F_{н} \cdot F_{cc})},$$

где Ц- цена оборудования, руб.;

$F_{н}$ - номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч.;

F_{cc} - срок службы оборудования, год;

F_{ϕ} - фактическое время занятости оборудования в ВКР, ч.

$$F_{н} = (365 - T_{вых}) \cdot t_{раб} = (365 - 118) \cdot 8 = 1976 \text{ ч.}$$

Амортизация использовавшегося оборудования представлена в таблице

Таблица 8. Затраты на амортизацию оборудования

№ п/ п	Наименование оборудования	Цена ед. оборудовани я, руб.	Срок службы, год	Время занятости, ч.	Затраты на амортизацию, руб.
1	Лазер Nd:YAG	1 230000	6	12	1244
2	Поляризационны й микроскоп CX31P	122 391	3	52	1073
3	Компьютер	30 000	4	400	1012
Итого:					3329

7.5.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается основная заработная плата всех участвующих в выполнении работы дипломной работы. Данные об окладе в зависимости от трудоемкости работ служат основой для расчета заработной платы.

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн.}} \cdot T_p,$$

где T_p - продолжительность работ, выполняемых научно- техническим сотрудником, раб. дн.; $З_{\text{дн.}}$ - среднедневная заработная плата сотрудника, руб.

$$З_{\text{дн.}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $З_{\text{м}}$ - месячный оклад сотрудника, руб.; M - количество месяцев работы без отпуска в течение года; $F_{\text{д}}$ - действительный годовой фонд времени научно- технического персонала, раб. дн.

Таблица 9. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней -выходные дни; -праздничные дни	56	56
Потери рабочего времени -отпуск -невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	261	261

Месячный должностной оклад сотрудника рассчитывается следующим образом:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ - премиальный коэффициент, равный 0,3; $k_{\text{д}}$ - коэффициент доплат и надбавок в диапазоне от 0,2-0,5; $k_{\text{р}}$ - районный коэффициент равный 1,3.

Таблица 10. Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_{\text{т}}$	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$	$З_{\text{дн.}}$	$T_{\text{р}}$	$З_{\text{осн}}$
Руководитель	ППС 4	1	36800	0,3	0,2	1,3	71760	2162	15	32430
Студент	ППС 1	1	9893	0,3	0,2	1,3	19291	529	49	25921
Итого:										58351

7.5.4. Страховые отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления в этой статье производят согласно нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Отчисления считаются следующим образом:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З_{осн},$$

где $k_{внеб}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Таблица 11. Отчисления во внебюджетные фонды каждого исполнителя работы

Исполнитель	Основная зарплата, руб.	$З_{внеб}$, руб.
Руководитель	32 430	8 789
Студент	25 921	7025
Итого:		15 814

7.5.5. Накладные расходы

В этой статье учитываются все затраты, не вошедшие в предыдущие статьи расходов. Определим величину накладных расходов по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{нр},$$

где $k_{нр}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$З_{накл} = 19\,796 \cdot 0,16 = 6527 \text{ руб.}$$

7.5.6. Смета затрат научно- исследовательского проекта

Все расчеты, произведенные в предыдущих статьях, являются основой для формирования бюджета научно- исследовательского проекта. Определение бюджета затрат на НТИ по каждой статье приведен в таблице

Таблица 12. Смета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	2 338	
2. Амортизация на специальное оборудование	3 329	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	58 351	Суммарная величина обоих исполнителей
4. Отчисления во внебюджетные фонды	15 814	Суммарная величина обоих исполнителей
5. Накладные расходы	6 527	
6. Смета затрат НТИ	86 359	

В данном разделе бакалаврской работы был проведен анализ потенциальных потребителей разработки, выполнено планирование исследовательских работ и бюджета НТИ, определена эффективность научно- технического исследования.

Планирование исследовательских работ показало, что для выполнения всего исследования необходимо затратить 45 дней. Следовательно, работа может быть выполнена менее чем за 3 месяца. Наиболее продолжительным этапом является написание отчета о работе.

Бюджет данного исследования составил 86 359 рублей. Основные затраты составляют заработная плата и амортизация используемого оборудования.

Исследование довольно ресурсоэффективно, то есть с точки зрения ресурсопотребления экономически целесообразно.

Заключение

При незначительном нагреве TiO_2 , образец темнеет (желтеет). Проведенный эксперимент доказал, что можно изменить цвет пигмента облучая лазером в наносекундном режиме. При потемнении пигмента, по законам физики, пигмент будет поглощать более широкий диапазон излучения. По микрофотографиям образца в момент облучения наблюдаются свечения центров, где невооруженным глазом видно, что диоксид титана нагревается до очень высоких температур. Я предполагаю, что данный метод деструкции на живой ткани вызовет образование тяжелых внутридермальных ожогов и приведет к тяжелым последствиям для здоровья человека. С другой стороны, если уменьшить дозу и выбрать оптимальный цикл облучения появится возможность деструкции пигмента без осложнений. Если в течении курса периодически облучать меньшими дозами, то со временем пигмент станет темнеть, а кожа вокруг останется нетронутой т.к. клетки будут восстанавливаться. Но для того чтобы доказать мое предположение стоит провести ряд экспериментов, а именно облучить TiO_2 , который помещен в физиологическом растворе. Так же провести эксперименты по облучению живой ткани человека с данным пигментом.

Но все же лазер с наносекундным импульсом не подойдет для безболезненной деструкции диоксида титана в биотканях человека. Следует использовать пикосекундный режим облучения т.к. он будет меньше вредить окружающим тканям. Нужно провести те же эксперименты, но только с пикосекундным импульсом. Из экспериментов мы получим методику деструкции светлых тонов пигмента, а именно цикл и плотность энергии облучения биоткани.

Данные исследования положат фундамент не только для создания лазерной установки для безболезненной деструкции пигмента, но и для стимуляции основных хромофоров ткани человека, что дает нам метод лечения

такой болезни как витилиго процент появления которой в наши дни постепенно увеличивается.

Список использованных источников

1. ДоуверДж.С., Рид Элсивер. Лазеро- и светолечение. //2010//.С.5-7.
2. Неворотин А. И. Введение в лазерную хирургию. Учебное пособие. — Спб.:СпецЛит, 2000.
3. Неворотин А. И. Лазерная рана в теоретическом и прикладном аспектах. // Лазерная биология и лазерная медицина: практика. Мат. докл. респ. школы-семинара. Часть 2. — Тарту—Пюхьярве: Изд-во Тартуского университета ЭССР, 1991, с. 3—12.
4. Anderson R. R., Parish J. A. The optics of human skin. J Invest Dermatol 1981; 77:13—19.
5. Anderson R. R., Parrish J. A. Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation.//1983//; 220:524—527.
6. Goldman L., Blaney D. J., Kindel D. J. et al. Effect of the laser beam on the skin: preliminary report. J Invest Dermatol //1963//; 40:121—122.
7. Kaminer M. S., Arndt K. A., Dover J. S. et al. Atlas of cosmetic surgery. 2nd ed. — Saunders—Elsevier //2009.
8. Margolis R. J., Dover J. S., Polla L. L. et al. Visible action spectrum for melanin-specific selective photothermolysis. Lasers Surg Med //1989//; 9:389—397
9. Серебряков В.А. Лазерные технологии в медицине. ИТМО Санкт-Петербург 2009. 99 – 155.
10. Пугачевский М.А. Морфологические и фазовые изменения аблированных частиц TiO_2 при термическом отжиге. Письма в ЖТФ, 2012, том 38, вып. 7.
11. Беликов А.В., Скрипкин А.В. Лазерные биомедицинские технологии (часть 1) Учебное пособие//2008//
12. ГОСТ 12.0.1.005 – 88 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные факторы.
13. ГОСТ 12.1.1.003– 83 88 Система стандартов безопасности труда. Защита от шума.

14. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 Классификация шумов.
15. СанПиН 2.01.02-85 Противопожарные нормы.
16. ГН 2.2.5.1313 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
17. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
18. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
19. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
20. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
21. Гост 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
22. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности.
23. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
24. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
25. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры.
26. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».